



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108431245 B

(45)授权公告日 2020.05.08

(21)申请号 201680076135.3

(22)申请日 2016.12.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108431245 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(30)优先权数据

10-2015-0186091 2015.12.24 KR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.06.25

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2016/015235 2016.12.23

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2017/111555 KO 2017.06.29

(73)专利权人 POSCO公司

地址 韩国庆尚北道

(72)发明人 权五烈 朴世珉 朴钟泰 金在谦

李承坤 李原杰

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 张晶 赵赫

(51)Int.Cl.

C21D 8/12(2006.01)

C21D 10/00(2006.01)

C23G 1/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 104039988 A, 2014.09.10, 说明书第0054-0057, 0084, 0104-0108段、表1、图1-3.

KR 20130128215 A, 2013.11.26, 说明书第0030-0032段、权利要求1, 8、图1-4.

KR 20130128215 A, 2013.11.26, 说明书第0030-0032段、权利要求1, 8、图1-4.

KR 20140087126 A, 2014.07.09, 说明书第0017, 0024, 0035段.

CN 105063312 A, 2015.11.18, 全文.

WO 2015012562 A8, 2015.04.16, 全文.

CN 104099458 A, 2014.10.15, 全文.

审查员 刘化然

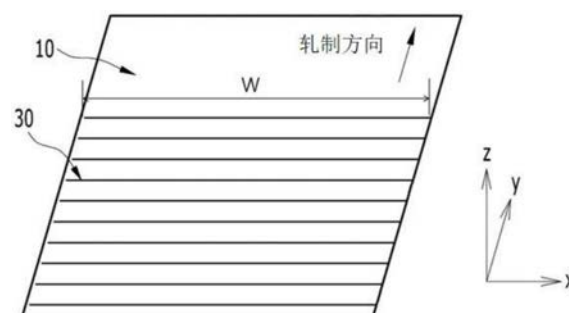
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

取向电工钢板及其制造方法

(57)摘要

根据本发明的一实施例的取向电工钢板包含形成于电工钢板的表面的镁橄榄石层、在镁橄榄石层向与轧制方向垂直的方向形成的槽、以及以槽上端为起点向上述电工钢板的两末端方向以上述槽宽度的1.1至1.3倍的宽度形成的镁橄榄石煅烧层。



1. 一种取向电工钢板,其中,所述取向电工钢板包括:
形成于电工钢板的表面的镁橄榄石层,
在所述镁橄榄石层向与轧制方向垂直的方向形成的槽,以及
以所述槽上端为起点向所述电工钢板的两末端方向以所述槽宽度的1.1至1.3倍的宽度形成的镁橄榄石煅烧层。

2. 根据权利要求1所述的取向电工钢板,其中,在所述镁橄榄石煅烧层上部形成所述槽时产生的熔融物质向所述槽两侧上部隆起而形成的斜坡或由熔融物的飞散形成的飞溅从所述镁橄榄石煅烧层的表面以 $1.5\mu\text{m}$ 以下形成。

3. 根据权利要求1所述的取向电工钢板,其中,所述槽相对于所述电工钢板的厚度以2.5至10%的深度形成。

4. 根据权利要求1所述的取向电工钢板,其中,所述槽相对于所述电工钢板的轧制方向以 ± 90 至 $\pm 85^\circ$ 的角度形成且形成为线状。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的取向电工钢板,其中,在所述镁橄榄石煅烧层上部形成所述槽时产生的熔融物质向所述槽两侧上部隆起而形成的斜坡或由熔融物的飞散形成的飞溅形成后,利用刷洗或酸洗而去除。

6. 一种取向电工钢板的制造方法,其中,所述方法包括:

加热板坯后进行热轧而制造热轧钢板的步骤,所述板坯包含Si:1.5至7重量%和其它不可避免的杂质且余量为Fe;

将所述热轧钢板进行冷轧而制造冷轧钢板后,将所述冷轧钢板进行脱碳退火和/或氮化退火而在钢板的表面形成氧化层的步骤;

在形成有所述氧化层的钢板的表面涂布包含MgO的退火分离剂并实施高温退火而在钢板的表面形成镁橄榄石层的步骤;以及

对形成所述镁橄榄石层的钢板照射高斯模式的连续波激光而在所述钢板的表面形成槽的步骤,

在形成所述槽的步骤中,所述连续波激光的光束形状满足下述式1)的范围,所述连续波激光的滞留时间 T_d 满足下述式2)的范围,其中,在形成所述槽的步骤中,照射高斯模式的连续波激光,以所述槽上端为起点,向所述电工钢板的两末端方向以所述槽宽度的1.1至1.3倍的宽度形成镁橄榄石煅烧层,

$$1.3 \leq L_b/L_a \leq 7.0 \text{-----1)}$$

$$0.5 \leq T_d \leq 10.0 \text{-----2)}$$

其中, L_a :表示轧制方向的激光光束的长度, L_b :表示激光光束的宽度方向长度, T_d :表示对钢板宽度照射的宽度方向照射宽度 W 与向宽度方向扫描的激光光束的扫描速度 V_s 之比 W/V_s 。

7. 根据权利要求6所述的取向电工钢板的制造方法,其中,在形成所述槽的步骤中,所述槽相对于所述电工钢板的厚度以2.5至10%的深度形成。

8. 根据权利要求6所述的取向电工钢板的制造方法,其中,在形成所述槽的步骤中,将所述槽相对于所述电工钢板的轧制方向以 ± 90 至 $\pm 85^\circ$ 的角度形成且形成为线状。

9. 根据权利要求6至8中任一项所述的取向电工钢板的制造方法,其中,

在所述槽形成步骤中,形成所述槽时产生的熔融物质向所述槽两侧上部隆起而形成的

斜坡或由熔融物的飞散形成的飞溅形成于所述镁橄榄石煅烧层上部，

还包括所述斜坡或飞溅从所述镁橄榄石煅烧层的表面被去除至 $1.5\mu\text{m}$ 以下的步骤。

10. 根据权利要求9所述的取向电工钢板的制造方法，其中，去除所述斜坡或飞溅的步骤包括使用刷子以干式去除的步骤。

11. 根据权利要求10所述的取向电工钢板的制造方法，其中，所述刷子为金属系材质或研磨材质。

12. 根据权利要求9所述的取向电工钢板的制造方法，其中，去除所述斜坡或飞溅的步骤包括通过酸洗湿式去除的步骤。

13. 根据权利要求12所述的取向电工钢板的制造方法，其中，所述酸洗使用包含盐酸、硝酸或硫酸的水溶液。

14. 根据权利要求13所述的取向电工钢板的制造方法，其中，所述水溶液的浓度为1至30重量%。

取向电工钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及取向电工钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 取向电工钢板向轧制方向使<001>易磁化轴的聚集组织发达,因此用作变压器等电子设备的能量转换用铁芯材料。为了在应用于变压器时减少电力损失而提高能量转换效率,要求铁损比较低且磁通密度特性优异的钢板。

[0003] 出于提高取向电工钢板的磁特性的目的,可以利用通过成分设计的减少凝固特性变更、电阻率特性变化和磁畴宽度的磁畴微细化方法。磁畴微细化方法根据应力去除退火后是/否能够维持磁畴微细化改善效果,可以分为暂时磁畴微细化和永久磁畴微细化。

[0004] 用激光照射伴随表面熔融的沟形成法(永久磁畴微细化方法中的一种)由于在板表面形成沟,因此具有在沟周围伴有熔融物移送和飞散而不能避免表面飞溅(spatter)和斜坡(hill-up)的发生的缺点。另外,通过在板表面涂布或涂敷有机物或无机物而抑制沟深度增加和沟部周围的缺陷发生的方法由于沟形成前需要进一步的有机物或无机物涂布或涂敷,因此具有工序复杂的缺点。另外,更积极的利用刷子(Brush)的飞溅去除法,由于斜坡高度高和飞溅飞散过度的情况下,为了去除斜坡部和飞溅,需要增加刷子与钢板表面接触部的摩擦力,因此会引发表面损伤。

发明内容

[0005] 需要解决的课题

[0006] 本发明提供在结束了高温退火的板表面形成线状沟时用于更容易地去除形成于表面的斜坡和飞溅的取向电工钢板及其制造方法。

[0007] 解决课题的手段

[0008] 根据本发明的一实施例的取向电工钢板包括形成于电工钢板的表面的镁橄榄石层、在镁橄榄石层向与轧制方向垂直的方向形成的槽、以及以槽上端为起点向上述电工钢板的两末端方向以上述槽宽度的1.1至1.3倍的宽度形成的镁橄榄石煅烧层。

[0009] 在镁橄榄石煅烧层上部形成槽时产生的熔融物质向槽两侧上部隆起而形成的斜坡(hill-up)或由熔融物的飞散形成的飞溅(spatter)可以从镁橄榄石煅烧层的表面以1.5 μm以下形成。

[0010] 槽相对于上述电工钢板的厚度可以以2.5至10%的深度形成。

[0011] 槽相对于电工钢板的轧制方向可以以±90至±85°的角度形成且形成为线状。

[0012] 在镁橄榄石煅烧层上部形成槽时产生的熔融物质向槽两侧上部隆起而形成的斜坡(hill-up)或由熔融物的飞散形成的飞溅(spatter)形成后,可以利用刷洗或酸洗而去除。

[0013] 根据本发明的一实施例的取向电工钢板的制造方法,包括:加热板坯后进行热轧而制造热轧钢板的步骤,上述板坯包含Si:1.5至7重量%和其它不可避免的杂质且余量为

Fe;将热轧钢板进行冷轧而制造冷轧钢板后,将冷轧钢板进行脱碳退火和/或氮化退火而在钢板的表面形成氧化层的步骤;在形成有氧化层的钢板的表面涂布包含MgO的退火分离剂并实施高温退火而在钢板的表面形成镁橄榄石层(Forsterite; Mg_2SiO_4)的步骤;以及对形成镁橄榄石层的钢板照射高斯(Gaussian)模式的连续波激光而在钢板的表面形成槽的步骤,在形成槽的步骤中,连续波激光的光束形状满足下述式1)的范围,连续波激光的滞留时间(T_d)满足下述式2)的范围。

[0014] $1.3 \leq L_b/L_a \leq 7.0$ -----1)

[0015] $0.5 \leq T_d \leq 10.0$ -----2)

[0016] (其中, L_a :表示轧制方向的激光光束的长度, L_b :表示激光光束的宽度方向长度, T_d :表示对钢板宽度照射的宽度方向照射宽度W与向宽度方向扫描的激光光束的扫描速度 V_s 之比 W/V_s 。)

[0017] 在形成槽的步骤中,可以照射高斯(Gaussian)模式的连续波激光,以上述槽上端为起点,向上述电工钢板的两末端方向以上述槽宽度的1.1至1.3倍的宽度形成镁橄榄石煅烧层。

[0018] 在形成槽的步骤中,槽相对于电工钢板的厚度可以以2.5至10%的深度形成。

[0019] 在形成槽的步骤中,可以将槽相对于电工钢板的轧制方向以 ± 90 至 $\pm 85^\circ$ 的角度形成且形成线状。

[0020] 在槽形成步骤中,形成槽时产生的熔融物质向槽两侧上部隆起而形成的斜坡(hill-up)或由熔融物的飞散形成的飞溅(spatter)形成于上述镁橄榄石煅烧层上部,还可以包括斜坡或飞溅从上述镁橄榄石煅烧层的表面被去除至 $1.5\mu\text{m}$ 以下的步骤。

[0021] 去除斜坡或飞溅的步骤可以包括使用刷子以干式去除的步骤。

[0022] 刷子可以是金属系材质或研磨材质。

[0023] 去除斜坡或飞溅的步骤可以包括通过酸洗湿式去除的步骤。

[0024] 酸洗可以使用包含盐酸、硝酸或硫酸的水溶液。

[0025] 水溶液的浓度可以为1至30重量%。

[0026] 发明效果

[0027] 根据本发明的一实施方式,在利用激光照射形成槽时,能够有效地去除槽周围出现的斜坡或飞溅缺陷,从而能够制造具有槽带来的铁损改善效果的同时具有优异的绝缘和占有率(점적율)特性的低铁损取向电工钢板。

附图说明

[0028] 图1是示意性地图示了对根据本发明的一实施例的取向电工钢板的表面向轧制方向的垂直方向照射激光的图。

[0029] 图2是图示了对根据本发明的一实施例的取向电工钢板的表面照射激光时形成于镁橄榄石煅烧层上部的斜坡或飞溅的示意图。

[0030] 图3是对根据本发明的取向电工钢板的制造方法的流程图。

[0031] 图4是图示了对根据本发明的一实施例的取向电工钢板的表面照射激光时,将激光的形象图示于XY平面上的图。

具体实施方式

[0032] 第一、第二、第三等用语是为了说明多种部分、成分、区域、层和/或区段而使用的，但并不限于此。这些用语只是为了将某一部分、成分、区域、层或区段与另一部分、成分、区域、层或区段进行区别而使用。因此，以下说明的第一部分、成分、区域、层或区段在不脱离本发明的范围的范围内可以说明第二部分、成分、区域、层或区段。

[0033] 在这里使用的专业用语只是为了说明特定实施例，不用于限定本发明。在这里使用的单数形态只要在语句中没有表示与其明确相反的意思，还包括复数形态。在说明书中使用的“包含”的意思是将特定特性、区域、整数、步骤、动作、要素和/或成分具体化，并不排除其它特性、区域、整数、步骤、动作、要素和/或成分的存在或附加。

[0034] 说明某一部分在另一部分“上方”或者“上”时，这表示直接在另一部分上方或者上，或者在他们之间可以存在其它部分。对照性地，说明某一部分在另一部分的“正上方”时，它们之间不存在其它部分。

[0035] 虽然没有另外进行定义，但是这里使用的包括技术用语和科学用语在内的所有用语具有与本领域技术人员通常理解的意思相同的意思。通常使用的词典中定义的用语具有符合相关技术文献和现在公开的内容的意思，只要没有进一步进行解释并定义的情况下，不解释为理想的或非常公式化的意思。

[0036] 下面，对本发明的实施例进行详细说明，使得本领域技术人员能够容易地实施。但是本发明可以用各种不同的形态实现，不限于这里说明的实施例。

[0037] 图1是表示在取向电工钢板10表面形成镁橄榄石层20后照射高斯 (Gaussian) 模式的连续波激光而形成的槽30的图。

[0038] 如图1所示，形成槽30时，具有在沟周围伴有熔融物移送和飞散而不能避免表面飞溅 (spatter) 和斜坡 (hill-up) 的发生的缺点。根据本发明的一实施例的取向电工钢板包括以槽30上端为起点向电工钢板10的两末端方向以槽30宽度 (W_0) 的1.1至1.3倍的宽度 (W_s) 形成的镁橄榄石煅烧层40。这样的镁橄榄石煅烧层40  由于不与飞溅 (spatter) 或斜坡 (hill-up) 发生反应，因此能够容易地去除飞溅 (spatter) 或斜坡 (hill-up)。

[0039] 图2示意性地表示在根据本发明的一实施例的取向电工钢板10的表面照射激光时形成于镁橄榄石煅烧层40上部的飞溅或斜坡25。

[0040] 在本发明的一实施例中，镁橄榄石煅烧层40以槽30上端为起点向电工钢板10的两末端方向以槽30宽度 (W_0) 的1.1至1.3倍的宽度 (W_s) 形成，因此激光照射时产生的飞溅或斜坡25的85%以上形成于镁橄榄石煅烧层40上，并且能够容易地去除飞溅 (spatter) 或斜坡 (hill-up)。

[0041] 如图1和图2所示，根据本发明的一实施例的取向电工钢板包括形成于电工钢板10的表面的镁橄榄石层20、在镁橄榄石层20向与轧制方向垂直的方向形成的槽30、以及以槽30上端为起点向上述电工钢板的两末端方向以槽宽度 (W_0) 的1.1至1.3倍的宽度 (W_s) 形成的镁橄榄石煅烧层40。

[0042] 首先，对取向电工钢板10进行如下说明。取向电工钢板是用作变压器等电气设备的铁芯材料且为了减少电气设备的电力损失并提高效率而具有铁损少且磁通密度高的磁特性的钢板，在本发明的一实施例中使用的取向电工钢板不限于具有特定组成或晶体组织的取向电工钢板，可以应用于所有取向电工钢板。更具体而言，可以使用包含1.5至7重量%

的Si且余量包含Fe和组织的取向电工钢板。除了Si以外还可以包含C、Al、N、P、Mn、Sn、Sb等。

[0043] 镁橄榄石 (Forsterite; Mg_2SiO_4) 层20形成于取向电工钢板10的表面。镁橄榄石层20可以在取向电工钢板10的表面以1至5 μm 的厚度形成。镁橄榄石层20可以在取向电工钢板10的高温退火步骤中通过脱碳退火而生成的钢板表面得氧化层 (SiO_2 或 $FeSiO_4$) 与作为退火分离剂的主成分的MgO反应而生成。

[0044] 槽30在镁橄榄石层20向与轧制方向垂直的方向形成。槽30是出于提高取向电工钢板的磁特性的目的、为了减少磁畴宽度而形成的。

[0045] 槽30可以相对于电工钢板10的厚度以2.5至10%的深度形成。在上述范围内,能够有效地实现磁畴微细化的效果。

[0046] 在图1和图2中示出了槽30相对于电工钢板10的轧制方向垂直形成的例子,但不限于此。具体而言,槽30可以相对于电工钢板的轧制方向以 ± 90 至 $\pm 85^\circ$ 的角度形成,可以形成为线状。在上述的角度范围内,可以实现取向电工钢板10的噪音降低效果。

[0047] 镁橄榄石煅烧层40以槽30上端为起点向电工钢板10的两末端方向以槽宽度 (W_0) 的1.1至1.3倍的宽度 (W_s) 形成。

[0048] 镁橄榄石煅烧层40是镁橄榄石层20利用在激光照射时产生的热进行煅烧而成的,由于表面MgO-基础镁橄榄石和一部分未反应MgO层被煅烧 (sintering), 因此表面粗糙度减少。绝缘涂敷前板表面粗糙度为0.3至5 μm ,煅烧时板表面粗糙度减少至0.1至3 μm 。

[0049] 镁橄榄石煅烧层40由于与飞溅 (spatter) 或斜坡 (hill-up) 不发生反应,因此与不形成镁橄榄石煅烧层的情况相比,能够容易地去除飞溅 (spatter) 或斜坡 (hill-up)。镁橄榄石煅烧层40的宽度 (W_s) 以槽宽度 (W_0) 的1.1至1.3倍形成。只有在上述范围形成镁橄榄石煅烧层40的宽度 (W_s), 飞溅或斜坡25才能形成在镁橄榄石煅烧层40上,并能够将其容易地去除。作为用于将镁橄榄石煅烧层40的宽度 (W_s) 调节至上述范围的方法,没有特别限定,根据本发明的一实施例时,可以以适当限制激光光束的形状和激光滞留时间等的方式进行调节。对此的具体说明在对于根据本发明的一实施例的取向电工钢板的制造方法的说明中进行后述。

[0050] 形成槽30时产生的熔融物质向槽30两侧上部隆起而形成的斜坡 (hill-up) 或由熔融物的飞散形成的飞溅 (spatter) 25对电工钢板的铁损和绝缘性造成不良影响,因此优选最大限度地去除。根据本发明的一实施例的取向电工钢板适当地形成有镁橄榄石煅烧层40,形成于镁橄榄石煅烧层40上的飞溅或斜坡25能够容易地被去除。因此,根据本发明的一实施例的取向电工钢板的斜坡或飞溅25可以从镁橄榄石煅烧层40的表面以1.5 μm 以下形成。

[0051] 为了更加确实地除去这种斜坡或飞溅25,可以进行刷洗或酸洗。将刷洗和酸洗全部进行时,斜坡或飞溅可以以更小的大小残存。

[0052] 图3示意性地表示根据本发明的一实施例的取向电工钢板的制造方法流程图。图3的取向电工钢板的制造方法的流程图仅是用于例示本发明,本发明并不限于此。因此,可以将取向电工钢板的制造方法进行多种变形。

[0053] 根据本发明的一实施例的取向电工钢板的制造方法包括:将板坯加热后进行热轧而制造热轧钢板的步骤 (S10), 上述板坯包含Si:1.5至7重量%和其它不可避免的杂质且余量为Fe;将热轧钢板进行冷轧而制造冷轧钢板后,将冷轧钢板进行脱碳退火和/或氮化退火

而在钢板的表面形成氧化层的步骤(S20);在形成有氧化层的钢板的表面涂布包含MgO的退火分离剂并实施高温退火而在钢板的表面形成镁橄榄石层(Forsterite; Mg_2SiO_4)的步骤(S30);以及对形成有镁橄榄石层的钢板照射高斯(Gaussian)模式的连续波激光而在钢板的表面形成槽的步骤(S40)。

[0054] 此时,为了在电工钢板形成镁橄榄石煅烧层40,在槽形成步骤(S40)中可以适当地限制激光光束的种类、形状和激光滞留时间等。

[0055] 具体而言,激光光束的种类可以使用高斯(Gaussian)模式的连续波激光。脉冲波振荡与其说与熔融有关,不如说诱导蒸发,因此可以使用连续波激光。

[0056] 另外,激光光束的形状可以使用满足下述式1)的范围的形状。

[0057] $1.3 \leq L_b/L_a \leq 7.0$ -----1)

[0058] 图4示意性地表示根据本发明的一实施例的激光光束的形状。如图4所示,轧制方向光束长度(L_a)与宽度方向光束长度(L_b)之比(L_b/L_a)可以在1.3至7.0。如果最终光束长度比低于1.3,即接近圆形,则形成于槽30周围的镁橄榄石煅烧层40的宽度(W_s)可能变窄,可能发生沟部的熔融物的部分性的陷阱(Trap)。如果最终光束长度比超过7.0,即接近线状,则槽30的形成变得困难,可能发生难以确保磁畴微细化效果的问题。因此,可以使用上述的激光光束的形状。

[0059] 激光滞留时间(T_d)定义为对钢板宽度照射的宽度方向照射宽度(W)与向宽度方向扫描的激光光束的扫描速度(scanning rate, V_s)之比(W/V_s),可以以如下述式2)的范围的方式进行调节。

[0060] $0.5 \leq T_d \leq 10.0$ -----2)

[0061] 滞留时间小于0.5ms而过短时,在形成槽时可能发生镁橄榄石煅烧层的宽度(W_s)变得过窄的问题。滞留时间超过10ms而过长时,由于镁橄榄石煅烧层的宽度(W_s)变宽或斜坡或飞溅的飞散长度相对地变得更长,可能产生问题。因此,可以按上述范围调节滞留时间。更具体而言,滞留时间可以为1.0至9.6ms。

[0062] 下面按各步骤具体进行说明。

[0063] 首先,在步骤(S10)中,加热板坯后进行热轧而制造热轧钢板,上述板坯包含Si:1.5至7重量%和其他不可避免的杂质且余量为Fe。在本发明的一实施例中使用的板坯不限于具有特定组成的板坯,可以适用于在取向电工钢板制造中使用的普通板坯。更具体而言,可以使用包含1.5至7重量%的Si且余量为Fe和杂质的板坯。除了Si以外还可以包含C、Al、N、P、Mn、Sn、Sb等。

[0064] 然后,在步骤(S20)中,将热轧钢板进行冷轧而制造冷轧钢板后,将冷轧钢板进行脱碳退火和/或氮化退火而在钢板的表面形成氧化层。脱碳退火和氮化退火可以仅进行两者中的任意一者,或者也可以将脱碳退火和氮化退火全部进行。将脱碳退火和氮化退火全部进行的情况下,与其顺序无关,也可以同时进行。钢板表面的氧化层可以由 SiO_2 或 FeSiO_4 形成。

[0065] 然后,在步骤(S30)中,在形成有氧化层的钢板的表面涂布包含MgO的退火分离剂并实施高温退火,从而在钢板的表面形成镁橄榄石层(Forsterite; Mg_2SiO_4)。此时,镁橄榄石层20可以在取向电工钢板10的表面以1至5 μm 的厚度形成,不仅包含镁橄榄石(Mg_2SiO_4),还可以包含未反应的MgO。

[0066] 然后,在步骤(S40)中,对形成有镁橄榄石层的钢板照射高斯(Gaussian)模式的连续波激光照射,从而在钢板的表面形成槽。此时,利用由激光产生的热而镁橄榄石层被煅烧,从而形成镁橄榄石煅烧层40。在步骤(S40)中,通过限制照射的激光的种类、形状和滞留时间,从而可以调节镁橄榄石煅烧层40的宽度(W_s)。镁橄榄石煅烧层40的宽度(W_s)可以为槽宽度(W_0)的1.1至1.3倍。

[0067] 在步骤(S40)中,可以相对于电工钢板10的厚度以2.5至10%的深度形成槽30。在上述的范围内,能够有效地实现磁畴微细化的效果。另外,在步骤(S40)中,可以相对于电工钢板的轧制方向以 ± 90 至 $\pm 85^\circ$ 的角度形成槽30,并可以形成为线状。在上述的角度范围,可以实现取向电工钢板10的噪音降低效果。

[0068] 在步骤(S40)中,通过激光照射而形成槽30的过程中,形成槽时产生的熔融物质向上述槽两侧上部隆起而形成的斜坡(hill-up)或由熔融物的飞散形成的飞溅(splatter)形成在镁橄榄石煅烧层40上。此时,由于镁橄榄石煅烧层40不与飞溅或斜坡反应,因此能够容易地去除飞溅或斜坡。

[0069] 虽然在图3中未表示,但在步骤(S40)之后,还可以包括斜坡或飞溅从上述镁橄榄石煅烧层的表面被去除至 $1.5\mu\text{m}$ 以下的步骤(S50)。

[0070] 步骤(S50)可以包括使用刷子而以干式去除的步骤(S50-1)、或者通过酸洗而以湿式去除的步骤(S50-2)。可以包括两个步骤中的任一步骤,或者同时包括两个步骤。包括两个步骤的情况下,可以确保 $1.0\mu\text{m}$ 以下的表面粗糙度特性。

[0071] 步骤(S50-1)是使用刷子以干式去除的步骤。此时,刷子只要是能够除去斜坡或飞溅的材质,就没有特别限定,具体可以为金属系材质或研磨材质。如上所述,镁橄榄石煅烧层40与飞溅或斜坡25不发生反应,因此即便减小摩擦力,也能够容易地去除。

[0072] 步骤(S50-2)是通过酸洗以湿式去除的步骤。酸洗可以使用能够溶解斜坡或飞溅而去除的溶液,具体可以使用包含盐酸、硝酸或硫酸的水溶液。此时水溶液的浓度可以为1至30重量%。

[0073] 在步骤(S50)之后可以进一步包含应力去除退火的步骤。

[0074] 以下,通过实施例更详细地说明本发明。但是这样的实施例只是用于例示本发明,本发明并不限于此。

[0075] 实施例1

[0076] 准备了涂布MgO退火分离剂并进行高温退火而在表面形成了镁橄榄石层的0.23mm厚度的取向电工钢板。用高斯模式(Gaussianmode)的连续波激光照射光束,用照射线宽度以200mm间隔区分成6个区间的线进行照射,以激光滞留时间能够维持3.0ms的方式进行照射。以激光的光束形状(L_a/L_b)为1.3且槽的深度能够形成 $13\mu\text{m}$ 的方式进行控制,槽上部宽度(W_0)形成为 $45\mu\text{m}$,槽周边出现的斜坡(hill-up)和飞溅的最高高度显示为 $5\mu\text{m}$ 。镁橄榄石煅烧层的宽度(W_s)形成为 $55\mu\text{m}$ 。

[0077] 将斜坡和飞溅用刷子(直径 $200\mu\text{m}$,不锈钢材质,面密度50%)进行磨削。磨削后斜坡(hill-up)和飞溅的最高高度显示为 $0.95\mu\text{m}$ 。然后使用10重量%的硫酸水溶液进行酸洗而制造了取向电工钢板。酸洗后斜坡(hill-up)和飞溅的最高高度显示为 $0.3\mu\text{m}$ 。

[0078] 测定激光照射前电工钢板的铁损($W_{17/50}$)和激光照射及应力去除退火(SRA)后的铁损并整理在下述表1。测定电绝缘值和占有率而整理在下述表1中。

[0079] 实施例2

[0080] 将激光的光束形状 (L_a/L_b)、槽的深度和激光滞留时间变更为整理在下述表1中的数值,除了不进行酸洗以外,与上述实施例1同样地制造。

[0081] 测定激光照射前电工钢板的铁损 ($W_{17/50}$) 和激光照射及应力去除退火 (SRA) 后的铁损并整理在下述表1中。测定电绝缘值和占有率而整理在下述表1中。

[0082] 实施例3

[0083] 将激光的光束形状 (L_a/L_b)、槽的深度和激光滞留时间变更为整理在下述表1中的数值,与上述实施例1同样地制造。

[0084] 测定激光照射前电工钢板的铁损 ($W_{17/50}$) 和激光照射及应力去除退火 (SRA) 后的铁损并整理在下述表1中。测定电绝缘值和占有率而整理在下述表1中。

[0085] 实施例4

[0086] 将激光的光束形状 (L_a/L_b)、槽的深度和激光滞留时间变更为整理在下述表1中的数值,除了不进行刷洗以外,与上述实施例1同样地制造。

[0087] 测定激光照射前电工钢板的铁损 ($W_{17/50}$) 和激光照射及应力去除退火 (SRA) 后的铁损并整理在下述表1中。测定电绝缘值和占有率而整理在下述表1中。

[0088] 实施例5

[0089] 将激光的光束形状 (L_a/L_b)、槽的深度和激光滞留时间变更为整理在下述表1中的数值,除了不进行酸洗以外,与上述实施例1同样地制造。

[0090] 测定激光照射前电工钢板的铁损 ($W_{17/50}$) 和激光照射及应力去除退火 (SRA) 后的铁损并整理在下述表1中。测定电绝缘值和占有率而整理在下述表1中。

[0091] 比较例1

[0092] 将激光的光束形状 (L_a/L_b)、槽的深度和激光滞留时间变更为整理在下述表1中的数值,除了不进行刷洗和酸洗以外,与上述实施例1同样地制造。

[0093] 测定激光照射前电工钢板的铁损 ($W_{17/50}$) 和激光照射及应力去除退火 (SRA) 后的铁损并整理在下述表1中。测定电绝缘值和占有率而整理在下述表1中。

[0094] 比较例2

[0095] 将激光的光束形状 (L_a/L_b)、槽的深度和激光滞留时间变更为整理在下述表1中的数值,除了不进行刷洗和酸洗以外,与上述实施例1同样地制造。

[0096] 测定激光照射前电工钢板的铁损 ($W_{17/50}$) 和激光照射及应力去除退火 (SRA) 后的铁损并整理在下述表1中。测定电绝缘值和占有率而整理在下述表1中。

[0097] 【表1】

区分	沟深度 (μm)	激光 形状 (L_a/L_b)	滞留 时间 (ms)	煅烧层宽 度相对于 槽宽度的 比	有无 刷洗	有无 酸洗	激光照 射前	SRA 后	铁损改 善率	电 绝缘	占有 率
							$W_{17/50}$		%	mA	%
[0098] 实施例 1	13	1.3	0.5	1.1	有	有	0.83	0.71	14.5	5	97.0
实施例 2	18	1.3	10.0	1.3	有	无	0.83	0.72	13.3	30	96.5
实施例 3	13	6.7	6.5	1.2	有	有	0.84	0.70	16.7	0	96.9
实施例 4	12	7.0	0.5	1.1	无	有	0.83	0.71	14.5	10	96.9
实施例 5	17	7.0	10.0	1.3	有	无	0.84	0.73	13.1	35	96.6

[0099]	比较例 1	21	7.0	11.0	1.4	无	无	0.83	0.77	7.2	650	93.5
	比较例 2	8	7.0	0.3	0.9	无	无	0.84	0.78	7.1	350	94.5

[0100] 如表1所示,在实施例1至5中制造的取向电工钢板防止了电绝缘值和占有率的变差,热处理后能够以13%以上实现铁损改善率。

[0101] 本发明不限于实施例,可以以互相不同的多种形态制造,本领域技术人员应该可以理解在不变更本发明的技术思想或必要特征的情况下可以用其他具体形态实施。因此,应该理解为以上说明的实施例在所有方面是例示性的,而不是限定性的。

[0102] 符号说明

[0103] 10:取向电工钢板 20:镁橄榄石层

[0104] 25:斜坡、飞溅 30:槽

[0105] 40:镁橄榄石煅烧层

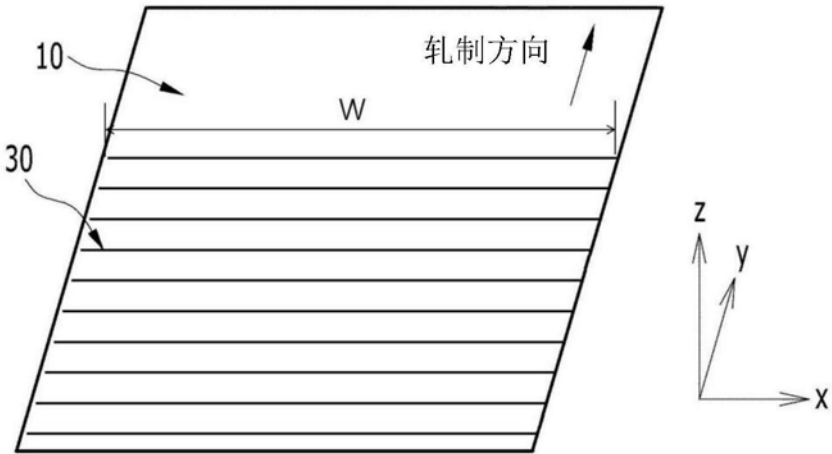


图1

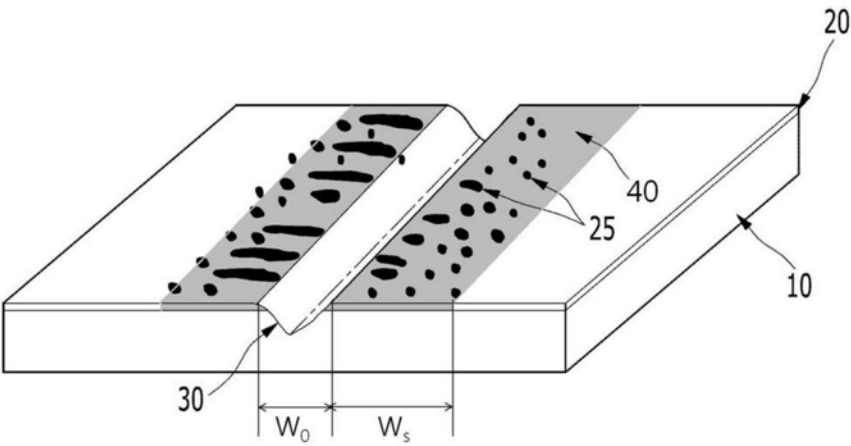


图2

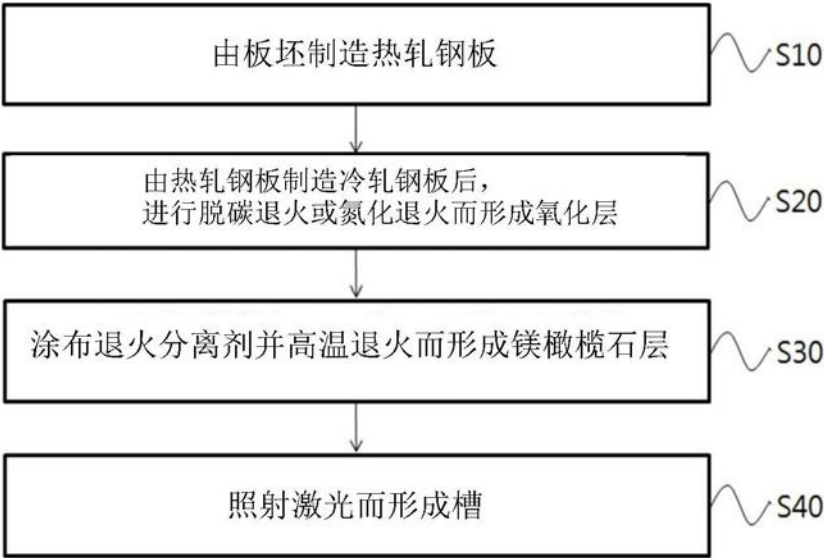


图3

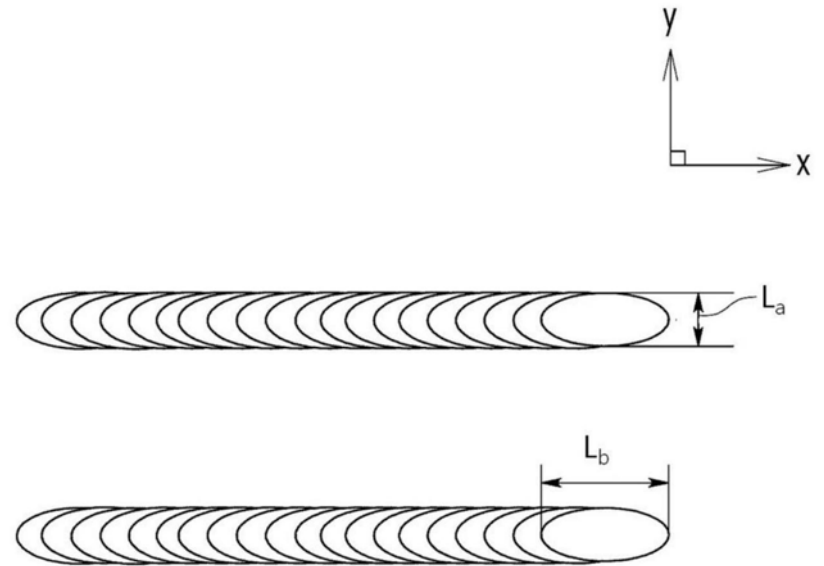


图4